Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen.
Vorstand: Prof. Dr. H. Peckert.

Die Änderung des Volumens von Edel-Amalgamen.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen
vorgelegt von

Karl Burgel
aus Neuenstein, OA. Öhringen.

Druck der Buchdruckerei Eugen Göbel in Tübingen
1930.

Zum Druck genehmigt von der Medizinischen Fakultät
der Universität Tübingen.

Dekan: Prof. Dr. Kohlrausch.

Referent: Prof. Dr. Wannenmacher.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen Eltern.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548004_0061

Die Änderungen des Volumens von Edel-Amalgamen.

Im Anfang des 19. Jahrhunderts wurde das Amalgam durch Taveau in die Zahnheilkunde eingeführt. Dieses erste Amalgam war eine gewöhnliche Münzsilberfeilung mit Quecksilber vermengt. Bald darauf erschienen eine Menge „verbesserter" Amalgame, die wilde Zusammensetzungen darstellten, und mit denen in Handel und Praxis grober Unfug getrieben wurde. Die heftigsten Anfechtungen dieser Amalgame ließen nicht lange auf sich warten. Zu nennen sind hier vor allem als Vorkämpfer, Taft, Kellops, Adolf zur Nedden und andere mehr.

Der Haupteinwand gegen das Amalgam war, daß sich dasselbe nach der Erhärtung kontrahiere und somit nur einen mangelhaften Verschluß der Zahnhöhle gebe.

Um das Studium des Amalgams haben sich die Forscher aller Länder verdient gemacht.

Die Aufgabe dieser Forscher war nun, Methoden zu ersinnen, mit denen man die physikalischen Eigenschaften der Amalgame (Kontraktion und Expansion vor allem) nachprüfen konnte. Doch wegen Unkenntnis des unbekannten Gebietes waren im Anfang die Nachprüfungen unzuverlässig.

Im Laufe der Zeit wurden folgende Methoden zur Prüfung der Volumenänderung der Amalgame ausgearbeitet und nach denselben untersucht:

1. Reine Beobachtungen
2. Mechanische Messung
3. Pyknometrische Messung
4. Mikroskopische Messung.

1. Reine Beobachtungen waren die ersten Versuche von John Tomes in London im Jahr 1861: Er brachte in Elfenbeinplatten, die Objektträgern ähnlich waren, Löcher an, die auf eine zweite derartige Platte geschraubt wurden. Die auf diese Weise gebildeten Cavitäten wurden so vollständig als möglich mit Amalgam gefüllt. War das Amalgam erhärtet, so wurden mit Hilfe des Mikroskops die Füllungsränder und ihr Anschluß an die Wände untersucht.

Eine einfache Methode war auch die von Thomas Fletscher. Es wurden Glasröhrchen mit Amalgam gefüllt. Das Ganze wurde nach Erstarren des Amalgams in farbige Flüssigkeit gelegt. Ist nun

an den Rändern der Füllung Flüssigkeit eingetreten, so schloß man auf eine Kontraktion des Amalgams. Die meisten Amalgame kontrahierten sich nach diesen Versuchen. Diese Versuche wurden aber schlecht ausgeführt und lieferten falsche Ergebnisse.

Friedemann verwandte, um die Kontraktion zu prüfen, eine wässerige Eosinlösung. Bei der Prüfung des Durchsickerns des Eosins unterschied er acht Phasen der Eosineindringung. Um die Mundtemperatur nachzuahmen, benutzte er einen Thermostaten, der bei seinen Versuchen die Temp. 37° C konstant hielt. Die Glasröhrensprengung diente ihm zum Nachweis der Expansion. Unter 58 von ihm untersuchten Amalgamen haben sich nur 4 bewährt. Trotzdem Friedemann fand, daß Pulverfeilung mehr Quecksilber aufnimmt, als gröbere, sagt er, das Abwiegen des Quecksilbers ist nicht nötig. Diese wahllose Dosierung ist unzweifelhaft die größte Fehlerquelle aller Untersuchungen.

Adolf Witzel machte vor allem klinische Beobachtungen an Zahnmaterial.

Weitere Untersuchungen waren die Sprengversuche, die aber zu grob für heutige Messungen sind, und Untersuchungen nach Tomes. Er stellte fest, daß Silberamalgame mit 55 % Ag und 45 % Sn die besseren Resultate lieferten. Auch Witzel dosiert nicht genau. Der Quecksilberüberschuß wird abgepreßt, obwohl er wußte, daß z. B. der Grad der Kontraktion zweifellos durch Quecksilbermangel verstärkt wird.

2. Eine der ältesten Messungsmethoden ist die mechanische. 1874 konstruierte Hitchcock einen Apparat zur Messung der linearen Formveränderung der Amalgame. Die Expansion und Kontraktion wurde mittels Hebelübertragung auf einer Skala gemessen. Ein ebenfalls mit Hebelübertragung gebautes feineres Instrument verwandte C. V. Black, um die linearen Veränderungen zu messen. Diese Methode weist verschiedene sehr beachtliche Übelstände auf:

1) Ein gleiches Ausdehnen des Amalgams ist unmöglich, da die Proben der Stahlmatritzen eingekeilt sind, und nur eine Ausdehnungsmöglichkeit nach oben haben. Diese Zwangshaltung hat natürlich eine zu große Ausdehnung nach oben zur Folge.
2) Der Fühlhebel drückt sich bei diesen Apparaten in noch weiches Amalgam ein, was eine zu große Kontraktion ergibt.
3) Dosierung und Temperaturänderungen sind in keiner Weise beachtet worden, was für richtige Ergebnisse ausschlaggebend ist.

Black gibt z. B. an, die Quecksilber-Über- und -Unterdosierung hat auf die Formveränderung keinen Einfluß. Dieses Ergebnis ist als völlig falsch zu bezeichnen, wie wir später sehen werden. Black's

Angaben sind daher sehr ungenau und können mit den heutigen Ergebnissen nicht verglichen werden.

3. Die pyknometrische Methode wurde z. B. von Fenchel, Tammann und Dahl, Hauch, Takács u. a. angewandt. Sie untersuchten die Amalgamproben in Toluol oder Petroleum, nachdem vorher die Proben evakuiert und die Luft durch Füllflüssigkeit (Petroleum) ersetzt wird. An einer Kapillare wird abgelesen.

Sterner-Rainer betont, daß die Porosität der Amalgame zu groß sei, und daß sich diese Fehlerquellen auch durch Imprägnieren nicht beseitigen lassen.

Die Annahme, daß die Erhärtungsvorgänge des Amalgams durch derartige Manipulationen, wie sie das Imprägnieren darstellt, zum mindesten gehemmt werden, da die Diffusion des Quecksilbers in die Feilung durch Einlagerung einer Füllflüssigkeit beeinträchtigt wird, ist sicher richtig. Auf dem pyknometrischen Wege gelangte man zu folgenden Ergebnissen:

Richtiges Mischungsverhältnis zwischen Legierung und Quecksilber ist nötig.

Fenchel fand, daß Amalgam über 40 % Hg Expansion und keine Kontraktion und Amalgam unter 40 % Hg Kontraktion und keine Expansion aufweisen und stellt fest, daß die Quecksilberzugabe nicht dem Zufall überlassen werden darf. Alle Amalgame, die der Legierung 48 % Ag und 52 % Sn am nächsten kommen, zeigen die besten Eigenschaften.

In bezug auf Dosierung fanden auch Hauch und andere, daß je mehr Hg man verwendet, umso größer die Expansion wird, bzw. umso geringer die Kontraktion der Füllung.

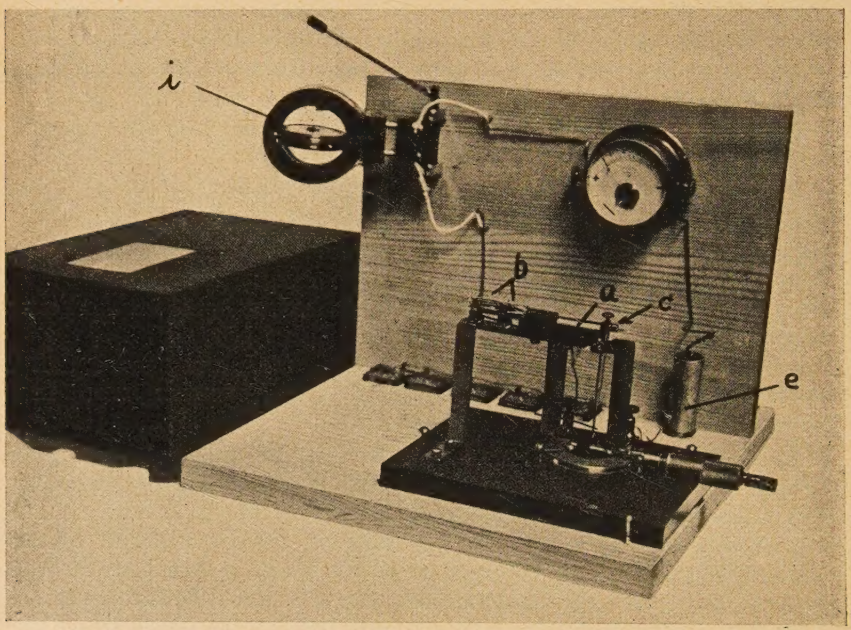
Nach Sterner-Rainer dehnen sich die silberreichen Legierungen sehr stark aus und zwar die mit mehr Quecksilber angeriebenen noch stärker als die quecksilberärmeren. Ferner findet er, daß alle Amalgame mit 70 % Ag und darüber, nach der ersten Stunde Kontraktion aufweisen, die aus 60 % Ag nach 24 Stunden, die aus 50 % Ag nach 4 Tagen beginnen, sich auszudehnen. Sterner-Rainer fordert ebenfalls eine genaue Dosierung und kritisiert das Abpressen des Hg-Überschusses aus der Amalgampaste, wie es Black, A. Witzel, Tammann und Dahl u. a. bei ihren Versuchen anstellten und vertraten. Denn jedes Verhältnis von Silber und Zinn verlangt eine genau bestimmte Menge an Quecksilber, wenn es gut sein soll.

4. Da die seitherigen Meßmethoden ziemlich ungenau waren, maßen Loebich und Nowack die Expansion und Kontraktion mittels zweier Mikroskope mit Vertikalilluminator. Zwischen beiden Mikros-

kopen ruht eine Amalgamprobe horizontal auf einer polierten Grundlage. Auf diese Weise wurde die Längenveränderung eines beobachteten Punktes gemessen. Man konnte so 5 μ exakt messen, 1 μ jedoch noch schätzen.

Dieser Weg ist sicher einer der besten. Auch Loebich's und Nowack's Messungen waren der Temperaturänderung unterworfen, doch wurde dieselbe beachtet.

Da sich bei den bisherigen Meßmethoden zahlreiche Fehlerquellen gezeigt hatten, konstruierte Pflomm (der die primären Volumenveränderungen des Silberamalgams untersucht hat) zur Messung der linearen Veränderungen einen sehr genauen Apparat, der mir für meine Versuche zur Verfügung gestellt wurde.



Pflomm beschreibt seinen Apparat wie folgt:

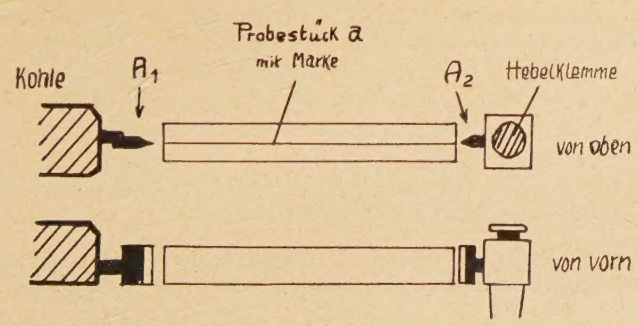
„Die Wirkungsweise des Apparats beruht auf dem elektrischen Kontakt. Das zu messende Werkstück a liegt auf einem gekehlten und polierten Hartgummiklötzchen. Die eine Seite des Werkstücks berührt ein Stück Bogenlampenkohle, das mit Stanniol umwickelt, elektrisch leitend, von zwei Klemmen b festgehalten wird; vor der anderen Seite ist ein auf feinen Spitzen drehbarer Hebel c angebracht. Sein Drehpunkt teilt ihn im Verhältnis 1 : 10. Der lange Schenkel

des Hebels wird durch ein schwaches Gummibändchen gegen die Mikrometerschraube d gedrückt. An dieser Schraube kann $^1/_{100}$ mm abgelesen werden. Bewegt sich nun das Ende des langen Schenkels um $^1/_{100}$ mm, so schlägt das Ende des kurzen Schenkels $^1/_{1000}$ mm = 1 μ aus. Die Mikrometereinteilung ist so, daß ½ μ mit Sicherheit gemessen werden kann. Die Klemmen b, die Kohle, das Werkstück a und der Hebel c sind in einem Stromkreis zusammengeschlossen. In diesem Stromkreis sind noch das Element e, ein Voltmeter — es ist von nebensächlicher Bedeutung — und ein Galvanometer i hintereinander geschaltet. Als Galvanometer wird ein Kompaß benutzt, der in einer Honigwabenspule festgeklemmt ist. Berührt jetzt die polierte Stahlfläche am Hebel c das Werkstück a, so zeigt sich am Galvanometer ein Ausschlag. Wird der Kontakt langsam gelöst, so bildet sich ein ganz kleiner Lichtbogen. Um dies zu verhindern, sind den beiden Kontaktpolen eine Reihe von Kondensatoren f (15 000 cm) parallel gelegt."

Da P f l o m m nun bei seinen Messungen das Probestück während der Dauer der Untersuchung liegen lassen konnte, überdeckte er den Apparat mit einem mit Fenster versehenen Kasten, in dem inwendig noch ein Thermometer angebracht war. — Man kann daher sagen, daß seine Untersuchungen durch thermische Einflüsse nicht gestört waren, zumal seine Messungen noch bei Nacht ausgeführt wurden.

Für meine Versuche fiel die Abdeckung durch den Kasten fort, da beabsichtigt wurde, bei meinen Versuchen die Proben hintereinander zu messen und sie daher immer aufgelegt, gemessen und abgenommen werden mußten.

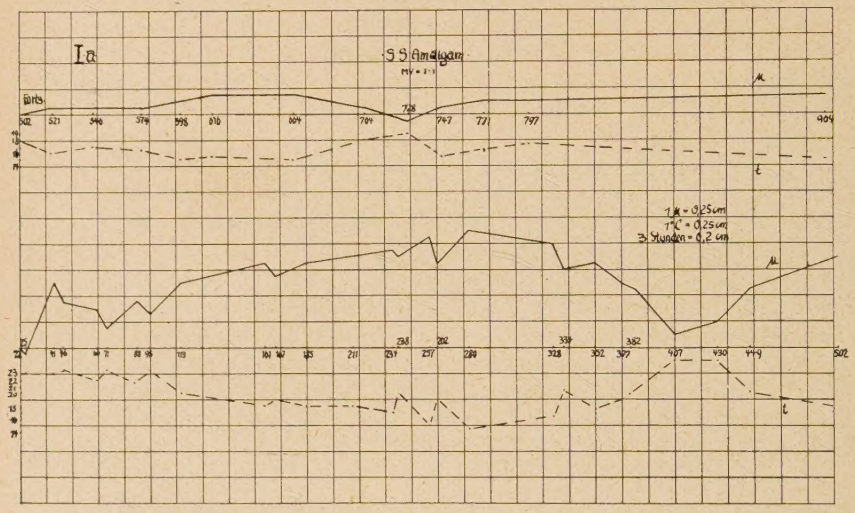
Aus diesem Grunde wurde auch das Ende, mit dem die Kohle und das, mit dem der Taster die Amalgamprobe a berühren, dahin abgeändert, daß sowohl an der Kohle, wie am Hebel (Taster) ein Stahlstift mit angelöteten, zur Unterlage senkrecht stehenden, kleinen Plättchen angebracht wurde. Die der Probe a zugewandte Seite der Plättchen wurde fein zugefeilt. Die Anordnung zeigt die Figur.



Vorversuche:

Um das Stäbchen bei erneutem Auflegen bei der Messung wieder in genau die alte Lage zu bringen, wurde folgendermaßen vorgegangen:

Das Amalgamstäbchen trug als Marke eine feine Linie, die es durch die Formung in der Schablone erhielt. Ist das Stäbchen a zum Messen aufgelegt, so wird mit einer Lupe visiert, daß die feingefeilten Plättchenenden von A_1 und A_2 — wie Figur zeigt — mit dieser Marke (Linie) in einer Ebene liegen.



Die Vorversuche, die auf diese Weise ausgeführt wurden, ergaben, daß bei wiederholtem Auflegen des Stäbchens in die alte Lage, wenn auch noch so genau ausgeführt, ein Fehler von 1—1,5 μ entsteht. Weiter ergab sich, daß durch die Berührung des Stäbchens (Auflegen zur Messung) mit einer leicht sekretbenetzten Hand ein zu früher Kontakt ausgelöst wird. Derselbe entsteht dadurch, wenn sich z. B. die Amalgamenden mit einer hauchartigen leitenden Feuchtigkeitsschicht beschlagen. So brachte auch ein Anhauchen (Atmen) die gleiche unheilvolle Wirkung. Es war also bei den Messungen streng darauf zu achten, den Atem anzuhalten und die Amalgamproben nur mit der Pinzette anzufassen. Erschütterungen durften ebenfalls nicht vorkommen.

Die Amalgamfeilungen wurden in liebenswürdiger Weise von der Firma Dr. Th. Wieland, Pforzheim, zur Verfügung gestellt, wofür ich auch an dieser Stelle danke.

Bei der Vorbereitung aller Versuche ging ich so vor:

Die Feilungs- und Quecksilbermenge wurde genau abgewogen. Die Mengenverhältnisse waren 1 gr Feilung (od. Folie) zu 1 gr Quecksilber. Es wurde deshalb 1 : 1 dosiert, um zu sehen, was ein minimales Überschreiten der optimalen Dosierung ausmacht.

Feilung und Quecksilber wurden in einem Amalgammörser vereinigt, 3 Minuten lang intensiv verrieben und hernach mit sauberer (!!) Hand eine halbe Minute durchgeknetet. Denn der Satz W a n n e n m a c h e r s :

„Je intensiver die primäre Amalgamation eintritt (anreiben), um so rascher und intensiver verlaufen die sekundären Vorgänge, um so früher wird der Endzustand, das beständige Volumen, Festigkeit und Quecksilberabsättigung erreicht,"

ist bei der Amalgamzubereitung von außerordentlicher Wichtigkeit.

Die Amalgampaste wurde nun in einer Schablone zu Zylindern (Dicke 3 mm) gestopft. Dabei ist möglichst gleichmäßig zu stopfen, um kein Quecksilber abzupressen. Die Proben wurden geordnet und erst nach ihrer Erhärtung gemessen. Bevor man zur Messung schritt, wurden beide Enden des Probestücks a feinst plangefeilt. Die Stäbchenlänge betrug so 2,18 cm.

Gehen wir nun zur Messung über.

Die Amalgamprobe wurde mit der Pinzette angefaßt und auf das erwähnte Hartgummiklötzchen gelegt, so daß das eine Ende der Probe das mit der Kohle in Verbindung stehende Plättchen A_1 (siehe Figur) berührt. Das Stäbchen wird nun in die richtige Lage gebracht und zwar wird, um zu wiederholen, mit der Lupe so visiert, daß die beiden Plättchen A_1 und A_2 und die auf der Probe befindliche Marke (Linie) in eine Ebene zu liegen kommen. — Es ist wohl umständlich, es muß aber bei jeder Einzelmessung so vorgegangen werden.

Jetzt wird mit der Mikrometerschraube das Stäbchen vorsichtig angetastet. Zeigt nun das Galvanometer einen leichten Ausschlag, so wird die Probe berührt. Am Mikrometer liest man nun die Ziffer ab, die als 0-Punkt bezeichnet wird. Um keinen weiteren „Druck" im Falle der momentanen Veränderung auf das Stäbchen auszuüben, wird der Kontakt sofort wieder gelöst. Mit Messen wurde im allgemeinen zwischen der 16. und 22. Stunde begonnen. Im Anfang wurden die Proben zweimal täglich gemessen, später nur noch einmal täglich, als man annehmen durfte, die Proben sind zur Ruhe gekommen.

Jede Probe wurde 5—7 mal nacheinander gemessen und aus diesen Einzelmessungen das Mittel gebildet, um so den Fehler, der

durch das „Nicht immer in die alte Lage bringen" des Stäbchens entstand, stark zu kompensieren. — Wurden z. B. in einer Gruppe bei 5 Proben in 700 Stunden 35 Messungen ausgeführt, so waren dazu rund 900 Einzelmessungen nötig. Wie daraus ersichtlich ist, versuchte man möglichst genaue Ergebnisse zu erzielen. —

Allgemein wäre noch zu sagen:

Die Proben jeder einzelnen Gruppe wurden nacheinander hergestellt. Von der 16. bis 22. Stunde ab nach der Probenherstellung wurde mit der Messung begonnen. Die Proben der einzelnen Gruppen zeigen unter sich einen ziemlich gleichmäßigen Verlauf. Die Messungszeiten, Dauer der Messung sowie die Temperatur in Celsius sind bei sämtlichen Gruppen genau in ihren Tabellen angegeben.

Zu jeder Tabelle der betreffenden Gruppe findet sich eine dazugehörige graphische Darstellung der Volumenänderung mit entsprechender Temperaturkurve.

Der Maßstab ist:

$$1\ \mu = 0{,}25\ \text{cm},$$
$$1\ ^{0}\text{C} = 0{,}25\ \text{cm},$$
$$3\ \text{Stunden} = 0{,}2\ \text{cm}.$$

In den Tabellen sind die Messungswerte der einzelnen Proben in den betreffenden Stunden, wie erwähnt, Mittelwerte aus 5—7 Einzelmessungen. Aus diesen Mittelwerten (von 3, 4 oder 5 Proben) wurde abermals das Mittel in ganzen Zahlen gebildet. Die Zahlen sind in μ angegeben und stellen die Unterschiede zwischen der einen und der vorhergehenden dar.

Aus den Tabellen ist ersichtlich:

Steigt die Temperatur an, nachdem die Probe zur Ruhe gekommen ist, so zeigt das Mittel (1—3, 4 oder 5) eine Kontraktion, fällt die Temperatur, so erhielt man eine Expansion des Stäbchens.

Das kam wohl daher, daß sich bei Erhöhung der Temperatur wohl die beiden angelöteten Plättchen A_1 und A_2 so ausgedehnt haben, daß sich bei der Messung der Amalgamprobe eine Kontraktion ergab. Umgekehrt erhalten wir bei Temperatursturz fälschlicherweise eine Expansion des Stäbchens, die darauf zurückzuführen ist, daß sich bei Erniedrigung der Temperatur die beiden Plättchen A_1 und A_2 so kontrahiert haben, daß wir beim Stäbchen eine vermeintliche Expansion erhalten. Wie man sieht, haben sich die Plättchen bei Temperaturanstieg etwas rascher ausgedehnt, als sie sich bei Temperatursturz zusammengezogen haben. Es läßt sich aber ohne weiteres feststellen, wann die untersuchten Proben ungefähr zur Ruhe gekommen sind.

Hat sich aber bei Temperaturerhöhung z. B. beim Stäbchen eine Ausdehnung messen lassen, so hat sich das Stäbchen eigentlich noch etwas mehr ausgedehnt und umgekehrt. Ist die Temperatur der vorhergehenden Messung gleich der nachfolgenden, so ergibt sich meistens ein Längenunterschied von 0—1 μ d. h. bei diesen Untersuchungen, die Probe ist unbedingt in Ruhe.

Aus diesem Grund wurde in den graphischen Darstellungen gleich die Temperatur mit eingezeichnet.

Wie wichtig die Temperaturänderungen sind, nicht nur in Beziehung auf das Amalgam, sondern auch auf die Apparatur bezogen, zeigt dieses Beispiel.

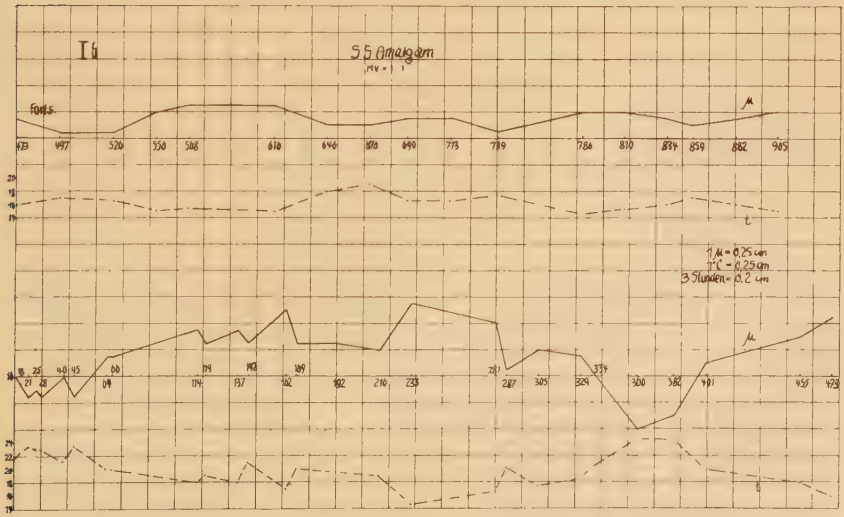
Bei den Untersuchungen von P f l o m m ist seiner Anordnung wegen dieser Übelstand nicht aufgetreten.

I. Versuchsreihe.

Untersuchung eines bekannten guten Silber-Handelsamalgams, das kurz als S.S.Amalgam bezeichnet wird.

Gruppe a: 4 Proben S.S.Amalgam
Gruppe b: 4 Proben S.S.Amalgam M V = 1 : 1 *).
Gruppe c: 5 Proben S.S.Amalgam

(Siehe Tabellen und graphische Darstellungen.)



*) Mischungsverhältnis.

Tabelle I. Gruppe a.

Rührzt. = 3 Min. Stablänge = 2,18. M V = 1 : 1.

Dauer der Messungen: Beginn: 17. Sept.; Ende: 26. Okt.

Stunden	1	2	3	4	Mittel (1-4)	Temp.
22	0	0	0	0	0	23 °
25	— 0,5	— 2,5	— 2,4	— 0,6	— 1	23 °
41	+ 13,4	+ 13,9	+ 11,0	+ 4,7	+ 11	23 °
46	— 4,3	— 3,5	— 3,5	— 2,3	— 3	23,5 °
66	— 0,7	— 1,8	— 2,2	— 0,3	— 1	22 °
71	— 1,9	— 4,0	— 2,9	— 3,8	— 3	23,5 °
88	+ 3,1	+ 4,0	+ 3,6	+ 5,2	+ 4	21,5 °
95	— 0,6	— 3,5	— 1,2	— 2,5	— 2	23,5 °
113	+ 4,0	+ 6,6	+ 5,3	+ 5,5	+ 5	20 °
161	+ 2,3	+ 3,5	+ 3,3	+ 3,4	+ 3	18 °
167	— 0,8	— 1,3	— 2,6	— 2,5	— 2	19 °
185	+ 1,5	+ 1,1	+ 2,2	+ 1,5	+ 2	18 °
211	+ 1,0	+ 0,8	+ 1,0	+ 0,2	+ 1	18 °
234	+ 1,0	+ 2,2	+ 1,1	+ 1,0	+ 1	17 °
238	— 1,2	— 0,4	— 1,2	— 1,0	— 1	20 °
257	zerbr.	+ 3,4	+ 2,6	+ 3,0	+ 3	15 °
262	„	— 5,3	— 3,6	— 4,1	— 4	19 °
280	+	+ 5,0	+ 5,1	+ 4,5	+ 5	14,5 °
328	—	— 1,0	— 1,8	— 3,2	— 2	16,5 °
334		— 2,4	— 5,4	— 4,3	— 4	20,5 °
352		+ 0,7	+ 1,8	+ 2,0	+ 1	17,5 °
377		— 4,5	— 2,2	— 2,2	— 3	18,5 °
382		— 1,0	— 1,3	— 0,9	— 1	20 °
407		— 6,7	— 6,6	— 7,0	— 7	25 °
430		+ 2,4	+ 2,6	+ 1,3	+ 2	25 °
449		+ 5,1	+ 6,3	+ 5,0	+ 5	20 °
502		+ 5,3	+ 3,9	+ 5,7	+ 5	18 °
521		+ 0,7	+ 0,8	+ 0,6	+ 1	16 °
546		— 1,0	+ 0,1	+ 0,5	0	17 °
574		— 0,1	— 0,5	+ 0,7	0	16,5 °
598		0	+ 0,3	+ 1,8	+ 1	15 °
616		— 0,6	+ 1,7	+ 1,5	+ 1	15,5 °
664		— 0,2	— 0,2	+ 0,5	0	15 °
704		— 0,9	— 1,9	— 4,1	— 2	18 °
728		— 3,0	— 2,1	— 1,1	— 2	19 °
747		+ 1,4	+ 1,7	+ 2,7	+ 2	15,5 °
771		+ 1,0	+ 0,6	+ 0,6	+ 1	16,5 °
797		— 0,7	0	— 0,1	0	17,5 °
964		+ 1,1	+ 1,8	+ 1,2	+ 1	15 °

Figur s. Seite 10

Tabelle I. Gruppe b.

Rührzt. = 3 Min. Stablänge = 2,18. M V = 1 : 1.

Dauer der Messungen: Beginn: 19. Sept.; Ende: 26. Okt.

Stunden	1	2	3	4	Mittel (1-4)	Temp.
16	0	0	0	0	0	21,5 °
18	— 2,5	— 0,9	— 1,0	— 0,8	— 1	22,5 °
21	— 4,0	— 1,2	— 1,3	— 1,4	— 2	23,5 °
25	+ 1,8	+ 1,0	+ 0,8	+ 0,7	+ 1	23 °
28	— 0,6	— 1,6	— 0,8	— 0,5	— 1	23 °
40	+ 3,8	+ 3,1	+ 2,2	+ 2,1	+ 3	21,5 °
45	— 3,4	— 2,0	— 2,2	— 2,8	— 3	23,5 °
64	+ 7,0	+ 5,6	+ 4,8	+ 5,8	+ 6	20 °
66	+ 0,1	— 0,5	— 0,1	+ 0,1	0	20 °
114	+ 3,3	+ 3,8	+ 3,5	+ 3,9	+ 4	18 °
119	— 1,9	— 2,9	— 1,1	— 2,2	— 2	19 °
137	+ 1,3	+ 2,9	+ 1,7	+ 1,5	+ 2	18 °
142	— 2,9	— 2,2	— 2,0	— 2,1	— 2	21 °
162	+ 5,5	+ 5,3	+ 5,1	+ 4,4	+ 5	17 °
169	— 4,4	— 5,3	zerbr.	— 4,6	— 5	20 °
192	— 0,8	— 0,8		+ 1,2	0	19,5 °
216	— 0,3	+ 1,3		— 0,1	— 1	19 °
233	+ 8,3	+ 8,2		+ 5,8	+ 7	14,5 °
281	— 2,6	— 3,4		— 2,2	— 3	16,5 °
287	— 6,6	— 7,1		— 6,1	— 7	20 °
305	+ 3,9	+ 3,4		+ 3,0	+ 3	17,5 °
329	— 1,4	— 1,4		— 1,0	— 1	18,5 °
334	— 3,0	— 1,1		— 2,6	— 2	20 °
360	— 9,3	— 8,5		— 8,9	— 9	24,5 °
382	+ 2,2	+ 3,0		+ 7,7	+ 2	24,5 °
401	+ 8,2	+ 8,6		+ 8,7	+ 8	20 °
455	+ 5,6	+ 3,0		+ 2,1	+ 4	18 °
473	+ 2,7	+ 1,7		+ 4,0	+ 3	16 °
497	— 1,3	— 1,6		— 1,9	— 2	17 °
526	— 0,4	— 0,1		0	0	16,5 °
550	+ 3,4	+ 3,2		+ 2,9	+ 3	15 °
568	+ 1,4	— 0,5		+ 1,2	+ 1	15,5 °
616	+ 0,1	— 0,1		+ 0,3	0	15 °
646	— 3,2	— 2,3		— 3,2	— 3	18 °
670	— 0,1	+ 0,8		— 1,4	0	19 °
690	+ 0,9	+ 0,9		+ 2,3	+ 1	16,5 °
713	+ 0,7	+ 0,1		+ 0,5	0	16,5 °
739	— 1,2	— 1,3		— 2,4	— 2	17,5 °
786	+ 3,4	+ 2,1		+ 4,1	+ 3	14,5 °

Figur s. Seite 13

Tabelle 1. Gruppe b.

Rührzt. = 3 Min. Stablänge = 2,18. MV = 1 : 1.

Dauer der Messungen: Beginn: 19. Sept., Ende 26. Okt.

Stunden	1	2	4	(Mittel 1-4)	Temp.
810	0	+ 0,1	— 0,2	0	15,5 °
834	— 0,9	— 0,7	— 0,7	— 1	16 °
859	— 1,0	— 0,6	— 0,7	— 1	17 °
882	+ 0,5	+ 0,3	+ 1,1	+ 1	16 °
905	+ 1,2	+ 0,2	+ 1,0	+ 1	15 °

Tabelle I. Gruppe c.

Rührzt. = 3 Min. Stablänge = 2,18. M V = 1 : 1.

Dauer der Messungen: Anfang: 25. Sept.; Ende: 26. Okt.

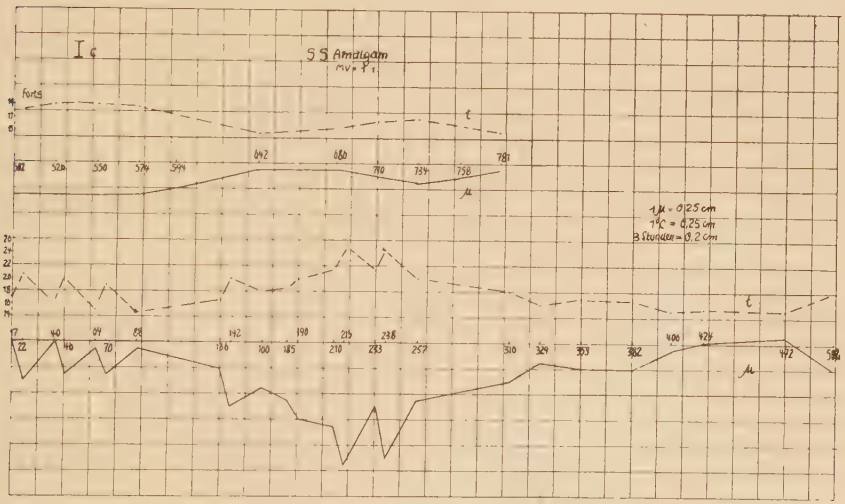
Stunden	1	2	3	4	5	Mittel (1-5)	Temp.
17	0	0	0	0	0	0	17 °
22	— 6,8	— 5,8	— 7,0	— 6,5	— 3,6	— 6	20,5 °
40	+ 6,5	+ 7,6	+ 6,6	+ 6,3	+ 4,5	+ 6	16 °
46	— 3,4	— 5,8	— 5,0	— 5,0	— 6,0	— 5	20 °
64	+ 4,5	+ 3,7	+ 4,1	+ 4,2	+ 4,5	+ 4	15 °
70	— 6,1	— 2,8	— 4,0	— 5,4	— 3,1	— 4	19 °
88	+ 5,3	+ 3,3	+ 4,5	+ 6,2	+ 3,1	+ 4	14,5 °
136	— 3,0	— 2,4	— 2,1	— 3,3	— 2,5	— 3	16,5 °
142	— 5,0	— 6,1	— 6,1	— 5,0	— 7,0	— 6	20 °
160	+ 2,8	+ 3,6	+ 3,7	+ 2,5	+ 3,3	+ 3	18 °
185	— 1,3	— 2,1	— 1,8	— 2,0	— 3,2	— 2	18,5 °
190	— 3,2	— 2,5	— 2,5	— 3,7	— 1,7	— 3	20 °
210	— 0,3	— 1,9	— 3,0	— 1,6	— 0,8	— 1	21,5 °
215	— 7,5	— 6,0	— 4,5	— 5,4	— 7,4	— 6	25 °
233	+ 9,1	+ 9,9	+ 8,8	+ 7,3	+ 10,4	+ 9	21,5 °
238	— 9,0	— 9,0	— 7,1	— 7,2	— 6,5	— 8	24,5 °
257	+ 8,4	+ 7,2	+ 12,0	+ 8,2	+ 8,1	+ 9	20 °
310	+ 2,3	+ 3,3	+ 2,1	+ 3,9	+ 4,6	+ 3	18 °
329	+ 3,3	+ 2,6	+ 2,3	+ 2,3	+ 2,3	+ 3	16 °
353	+ 0,1	— 0,6	— 1,2	+ 0,2	— 1,1	— 1	17 °
382	— 0,1	— 0,1	+ 0,2	0	0	0	16,5 °
406	+ 2,8	+ 2,6	+ 2,0	+ 2,0	+ 3,3	+ 3	15 °
424	+ 0,2	— 0,4	— 0,8	— 1,1	+ 0,9	+ 1	15,5 °
472	+ 2,4	— 1,9	+ 2,6	+ 0,4	0	+ 1	15 °
502	— 5.4	— 3,7	— 5,1	— 4,3	— 5,8	— 5	18 °
526	+ 0,2	— 0,6	— 0,7	— 0,4	— 0,1	0	19 °

Tabelle 1. Gruppe c.

Rührzt. = 3 Min. Stablänge = 2.18. MV = 1:1.

Dauer der Messungen: Anfang: 25. Sept.; Ende 26. Okt.

Stunden	1	2	3	4	5	Mittel (1-5)	Temp.
550	— 0,3	— 0,2	+ 0,5	+ 0,4	+ 0,6	0	19 °
574	— 0,4	— 0,5	— 0,5	— 0,3	— 0,3	0	18,5 °
594	+ 1,0	+ 1,2	+ 1,0	+ 0,8	+ 1,2	+ 1	17,5 °
642	+ 4,2	+ 3,6	+ 3,2	+ 4,1	+ 1,8	+ 3	14,5 °
686	— 0,3	— 0,7	— 0,1	— 0,5	— 0,4	0	15,5 °
710	— 1,3	— 1,2	— 0,7	— 2,3	— 1,3	— 1	16,5 °
734	— 0,1	— 0,7	— 1,4	— 0,1	— 0,4	— 1	17,5 °
758	+ 0,9	+ 1,6	+ 0,5	+ 1,8	+ 2,2	+ 1	16 °
781	+ 1,1	+ 0,5	+ 0,6	+ 1,5	+ 0,9	+ 1	15 °



Die S.S.Amalgamproben der Gruppe a wurden von der 22. Stunde (Nullpunkt) nach ihrer Herstellung gemessen bei einer Anfangstemperatur = 23 ° C. Die Proben haben sich dann bis zur 25. Stunde bei Temperaturkonstanz um — 1 μ kontrahiert. Das ist sicher schon als Ruhe — keine Volumenänderung mehr — zu deuten. Die nachfolgende Ausdehnung um + 11 μ von der 25. bis 41. Stunde wird wohl der Richtigkeit nicht entsprechen. Es kommen äußere Einflüsse wohl in Betracht. Es wurden deshalb der Versuchsreihe noch zwei weitere Gruppen angegliedert. Von der fehlerhaften Aus-

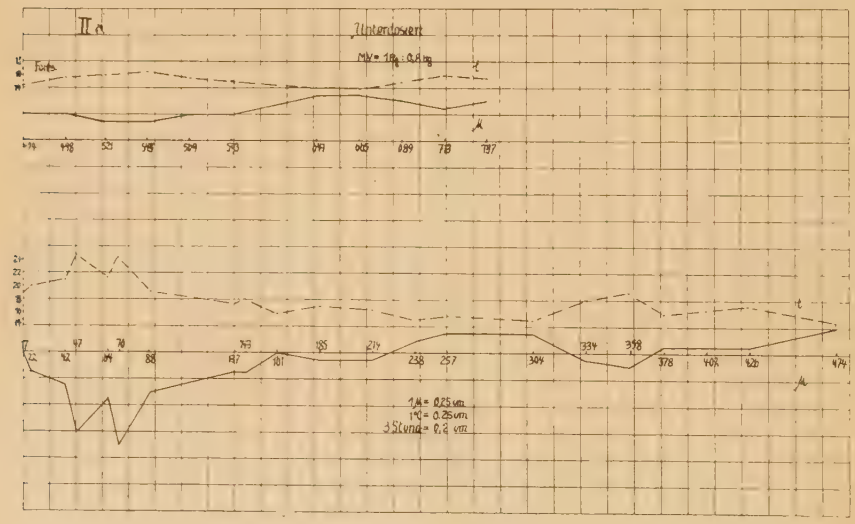
dehnung abgesehen, sind die Proben der Gruppe a zwischen der 46. bis 66. Stunde zur Ruhe gekommen, wahrscheinlich aber schon etwas früher.

Alle weiteren Angaben finden sich (wie bei allen Versuchsreihen) in den Tabellen und ihren graphischen Darstellungen.

Die Proben der Gruppe b wurden von der 16. Stunde nach ihrer Herstellung bei einer Anfangstemperatur von 21.5 ° C gemessen. Diese Proben sind zwischen der 28. bis 40. Stunde zur Ruhe gekommen. Auch die Proben der letzten Gruppe sind von der 21. bis 40. Stunde unverändert geblieben.

Zusammenfassend haben die Proben dieser Versuchsreihe spätestens vor der 40. Stunde ab ihr Volumen nicht mehr geändert. Von dem angenommenen Nullpunkt ab verzeichnen sie alle eine minimale Kontraktion, die durchaus geringfügig ist.

Praktisch genommen, kann man sagen, die Proben haben ihr Volumen von Beginn (16. Stunde) bis zum Ende der Messung nicht geändert.



II. Versuchsreihe.

Untersuchung von über- und unterdosiertem Amalgam. Dazu wurde ebenfalls das S.S.Amalgam benützt.

Gruppe a: 3 Proben — S.S.Amalgam
M V = 1 Feilung : 0,8 Quecksilber.
Gruppe b: 3 Proben — S.S.Amalgam
M V = 1 Feilung : 1,5 Quecksilber.
(Siehe Tabelle und graphische Darstellung.)

Tabelle II. Gruppe a.

Unterdosiertes S.S.Amalgam. M V = 1 : 0,8. Feilung: Hg.

Rührzt. = 3 Min. Stablänge = 2,18.

Dauer der Messung: Beginn: 2. Okt.; Ende: 2. Nov.

Stunden	1	2	3	Mittel (1-4)	Temp.
17	0	0	0	0	19 °
22	— 3,9	— 3,0	— 3,2	— 3	20 °
42	— 1,6	— 2,9	— 0,6	— 2	21 °
47	— 7,8	— 4,7	— 7,5	— 7	25 °
64	+ 5,0	+ 3,7	+ 7,1	+ 5	21,5 °
70	— 6,6	— 7,0	—7,7	— 7	24,5 °
88	+ 6,9	+ 8,3	+ 8,8	+ 8	19,5 °
137	+ 1,2	+ 4,0	+ 3,9	+ 3	17,5
143	+ 0,2	0	+ 0,2	0	18 °
161	+ 2,0	+ 4,3	+ 2,3	+ 3	16 °
185	— 0,8	— 1,0	— 0,4	— 1	17 °
214	+ 0,5	+ 0,1	+ 0,1	0	16,5 °
238	+ 4,3	+ 1,6	+ 2,8	+ 3	15 °
257	+ 0,9	+ 1,7	0	+ 1	15,5 °
304	+ 0,4	+ 0,2	+ 0,2	0	15 °
334	— 4,1	— 3,5	— 5,0	— 4	18 °
358	— 2,6	— 1,8	— 0,1	— 1	19 °
378	+ 4,2	+ 2,4	+ 1,9	+ 3	16 °
402	+ 0,1	— 0,2	— 0,2	0	16,5 °
426	0	— 0,2	— 0,1	0	17 °
474	+ 3,4	+ 1,1	+ 3,3	+ 3	14,5 °
498	— 0,3	— 0,4	— 0,8	0	15,5 °
521	— 2,0	0	+ 0,1	— 1	16 °
545	0	— 0,1	— 0,2	0	16,5 °
569	— 0,6	+ 0,8	+ 0,7	+ 1	15,5 °
593	— 0,6	— 0,4	— 0,1	0	15 °
641	+ 3,4	+ 3,3	+ 3,4	+ 3	14 °
665	+ 0,3	— 0,1	0	0	14 °
689	— 1,1	— 0,8	— 2,2	— 1	15 °
713	— 1,8	— 1,0	— 1,4	— 1	16 °
737	+ 1,0	+ 1,0	+ 0,8	+ 1	15.5 °

Figur s. Seite 18

Tabelle II. Gruppe b.

Überdosiertes S.S.Amalgam. M V = 1,0 : 1,5. Feilung: Hg.
Rührzt. = 3 Min. Stablänge = 2,18.
Dauer der Messung: Beginn: 3. Okt.; Ende: 2. Nov.

Stunden	1	2	3	(Mittel 1-3)	Temp.
23	0	0	0	0	25 °
30	+ 19,6	+ 15,5	+ 20,5	+ 19	21,5 °
36	— 4,8	— 4,4	— 5,0	— 5	24,5 °
54	+ 14,3	+ 12,2	+ 13,9	+ 13	19,5 °
103	+ 18,9	+ 19,5	+ 14,0	+ 17	17,5 °
109	— 1,8	— 5,6	— 8,8	— 5	18 °
127	+ 4,6	+ 7,6	+ 3,2	+ 5	16 °
151	+ 1,9	— 0,6	+ 2,4	+ 1	17 °
180	+ 0,7	+ 0,8	+ 0,3	+ 1	16,5 °
204	+ 4,0	+ 5,0	+ 4,2	+ 4	15 °
223	+ 0,2	+ 0,4	+ 0,5	0	15,5 °
270	+ 8,0	+ 6,4	+ 5,4	+ 7	15 °
300	— 4,1	— 3,0	— 5,4	— 4	18 °
324	— 2,1	— 1,3	— 2,2	— 2	19 °
342	+ 5,3	+ 6,2	+ 4,2	+ 5	15 °
368	— 0,3	— 0,2	— 0,6	0	16,5 °
392	— 1,8	— 1,8	— 0,8	— 1	17 °
440	+ 6,1	+ 2,4	+ 5,0	+ 4	14,5 °
464	+ 1,3	+ 0,3	+ 0,5	+ 1	15,5 °
487	— 0,2	— 0,5	— 0,7	0	16 °
511	— 0,1	+ 0,9	+ 1,1	+ 1	16,5 °
535	+ 0,2	+ 0,8	+ 0,5	0	15,5 °
559	+ 1,1	+ 1,6	+ 1,2	+ 1	15 °
607	+ 3,5	+ 2,8	+ 2,6	+ 3	14 °
631	+ 0,7	+ 0,1	+ 0,3	0	14 °
655	— 1,0	— 0,3	— 1,0	— 1	15 °
679	— 2,0	— 2,0	— 1,9	— 2	16 °
703	+ 1,5	+ 1,6	+ 1,3	+ 1	15,5 °

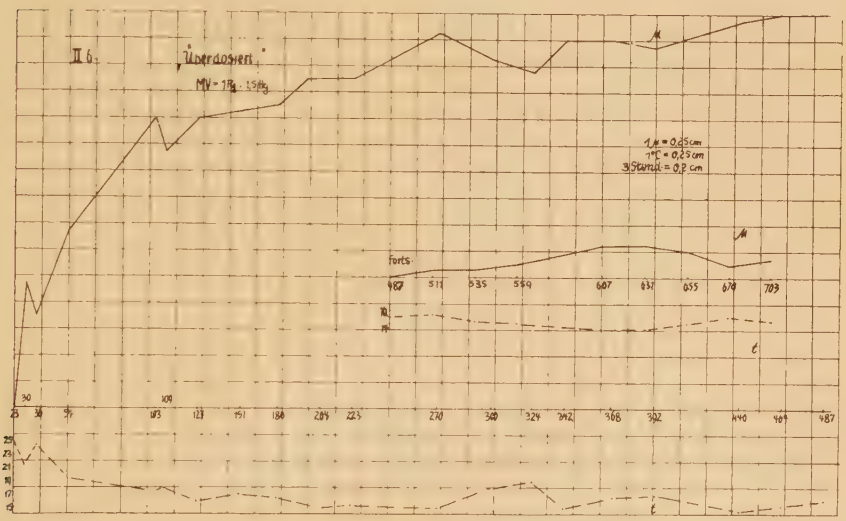
Figur s. Seite 21

Theoretisch ist wohl das beste Mischungsverhältnis 1 Feilung : 0,8 Hg; praktisch doch nicht durchführbar, denn durch die langsame Amalgamation ist dieses Amalgam sehr bröckelig. Die Proben mußten aus diesem Grunde bei ihrer Formung viel stärker gestopft werden als die vorhergehenden. Ihr Volumen haben diese Proben vom Nullpunkt ab nicht geändert.

Das diesem Mischungsverhältnis naheliegende und praktisch verwendbare Verhältnis ist 1 Feilung : 0,9 Hg für S.S.Amalgam.

Wannenmachers Dosierapparat „Amaldos“ ist auf diesem Verhältnis aufgebaut.

Das überdosierte Amalgam ist ungefähr von der 511. bis 535. Stunde ab zur Ruhe gekommen (vgl. graphische Darstellung). Bis dahin haben sich die Proben im Mittel von der 23. Stunde (25 ° C) bis zur 511. Stunde (16,5 ° C) bei einer Temperaturschwankung von 10 ° C um + 60 μ ausgedehnt.



Neben der starken Ausdehnung und dem sehr späten Volumenstillstand ist ein derartiges Amalgam auch nach der Erhärtung ziemlich weich. Die Proben sind speckig d. h. mit einer Quecksilberschicht überzogen, die mit der Zeit verdunstet.

Dieses Beispiel zeigt, wie ungeheuer wichtig eine genaue Dosierung des Amalgams ist.

Fenchel, besonders Hauch u. a. klagen, daß man leider bei den wenigsten zahnärztlichen Amalgamen eine Angabe des Herstellers über den so wesentlichen, notwendigen Quecksilberzusatz findet.

Von den unrichtig dosierten Amalgamen sind in der Praxis die Mehrzahl überdosierte Amalgame — da unterdosierte Amalgame wegen Bröckelns nicht zu verarbeiten sind —. Neben der fragwürdigen Hg-Abgabe kommt noch die große Expansion hinzu.

Ein praktisches Beispiel erhellt am besten die unheilvollen Folgen einer Füllung aus überdosiertem Amalgam.

Ist die Füllung richtig gelegt, so kann aus den schon erwähnten Gründen sich das Amalgam nur nach der freien Oberfläche ausdehnen. Dadurch wird die Expansion noch erhöht. Die Füllung tritt über ihre Grenze und es entsteht zwischen Füllung und Zahnschmelz eine Ecke, in der sich Mikroorganismen sicher wohlfühlen. Trifft nun beim Kauakt der Gegenzahn auf das bei weitem weichere — als normal dosiertem — Amalgam, so bröckelt das überstehende Amalgam ab und schon ist der schönste Weg für Mikroorganismen und deren Fermente für sekundäre Karies frei.

Oder geht man her und preßt bei seinem überdosiertem Amalgam den vermeintlichen Hg-Überschuß ab, so erhalten wir ein gleich unheilvolles Bild.

Man drückt nämlich nicht etwa Quecksilber aus, sondern schon ein Zinnamalgam. Der Zinngehalt hatte aber mit die Aufgabe, die zu starke Kontraktion des Silbers herabzusetzen. Diese Aufgabe wird dadurch nur halb erfüllt und die Kontraktion wird so erhöht. Daß dabei zwischen Füllung und Zahnwand ein Spalt entstehen kann, der mit verantwortlich bei Entstehung der sekundären Karies ist, liegt auf der Hand.

III. Versuchsreihe.

Untersuchung von je 3 Proben von Amalgam.

Gruppe a: mit 40% Ag und 60% Sn
Gruppe b: mit 50% Ag und 50% Sn
Gruppe c: mit 60% Ag und 40% Sn M V = 1 : 1
Gruppe d: mit 70% Ag und 30% Sn

(Siehe Tabellen und graphische Darstellungen.)

Tabelle III. Gruppe a. 40% Ag.

Rührzt. = 3 Min. Stablänge = 2,18. M V = 1 : 1.

Dauer der Messung: Anfang: 9. Okt.; Ende: 2. Nov.

Stunden	1	2	3	Mittel (1-3)	Temp.
20	0	0	0	0	16 °
25	+ 2,2	+ 1,9	+ 2,0	+ 2	16,5 °
42	+ 24,7	+ 22,8	+ 30,6	+ 26	15 °
49	+ 5,1	+ 5,4	+ 6,2	+ 6	15 °
68	+ 4,3	+ 6,4	+ 5,3	+ 5	15,5 °
115	— 0,1	+ 3,4	+ 2,8	+ 2	15 °
145	— 8,6	— 4,4	— 1,9	— 5	18 °
169	— 1,3	— 1,6	— 2,3	— 2	19 °
189	— 0,3	— 1,5	— 1,6	— 1	17 °
213	+ 1,0	+ 0,3	+ 0,2	0	17 °
235	— 2,0	— 2,8	— 0,3	— 1	16,5 °
282	+ 5,6	+ 5,2	+ 5,5	+ 5	14 °
306	— 0,8	— 1,0	— 1,7	— 1	15 °
330	— 0,1	— 0,4	— 0,2	0	15.5 °
354	— 3,1	— 3,4	— 3,6	— 3	16,5 °
378	+ 0,7	+ 0,6	+ 0,8	+ 1	15,5 °
402	+ 1,2	+ 0,8	+ 1,7	+ 1	15 °
450	+ 2,1	+ 0,5	+ 1,0	+ 1	14 °
474	+ 0,1	+ 0,2	+ 0,3	0	14 °
498	— 1,0	— 1,1	— 0,4	— 1	14,5 °
523	— 3,3	— 1,3	— 3,1	— 3	16 °
546	+ 0,9	+ 0,8	+ 0,6	+ 1	15,5 °

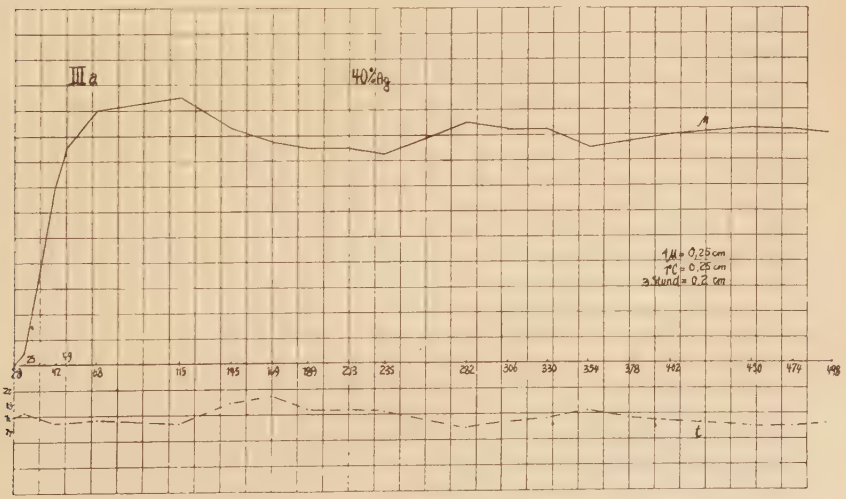


Tabelle III. Gruppe b. 50% Ag.

Rührzt. = 3 Min. Stablänge = 2,18. M V = 1 : 1.

Dauer der Messung: Beginn: 10. Okt.; Ende: 2. Nov.

Stunden	1	2	3	(Mittel 1-3)	Temp.
19	0	0	0	0	16 °
24	— 4,8	— 4,2	— 3,9	— 4	16,5 °
41	+ 1,1	+ 1,9	+ 2,1	+ 2	15 °
48	0	+ 0,5	— 0,8	0	15 °
67	— 0,1	— 0,1	— 0,3	0	15,5 °
114	+ 0,1	+ 0,4	0	0	15 °
144	— 2,0	— 0,9	— 4,5	— 2	18 °
168	— 1,9	— 4,4	— 1,5	— 3	19 °
188	— 0,9	— 1,6	0	— 1	17 °
212	+ 3,8	+ 2,1	+ 2,4	+ 3	17 °
234	— 4,8	— 2,8	— 2,4	— 3	16,5 °
281	+ 4,7	+ 4,8	+ 5,0	+ 5	14 °
305	— 1,7	— 2,6	— 1,8	— 2	15 °
329	— 0,1	— 0,2	0	0	15,5 °
353	— 2,5	— 2,6	— 1,9	— 2	16,5 °
377	+ 2,3	+ 2,6	+ 2,5	+ 2	15,5 °
401	+ 0,5	+ 0,4	+ 0,5	0	15 °
449	+ 1,0	+ 0,6	+ 0,9	+ 1	14 °
473	+ 0,7	+ 0,2	+ 0,1	0	14 °
492	— 1,5	— 1,3	— 1,2	— 1	14,5 °
522	— 2,4	— 2,5	— 2,2	— 2	16 °
545	+ 1,0	+ 0,3	+ 1,5	+ 1	15,5 °

Figur s. Seite 26

Tabelle III. Gruppe C_1 und Gruppe C_2. 60% Ag.

Rührzt. = 3 Min. Stablänge = 2,18. M V = 1 : 1.

Dauer der Messung: Beginn: 10. Okt.; Ende: 2. Nov. (1—2)

C_1:

Stunden	1	2	Mittel (1-2)	Temp.
18	0	0	0	16 °
23	— 5,2	— 5,3	— 5	16,5 °
40	+ 4,3	0	+ 2	15 °
47	— 5,7	— 1,6	— 4	15 °
66	+ 1,9	+ 0,9	+ 1	15,5 °
113	— 1,2	— 0,6	— 1	15 °
143	— 3,5	— 3,4	— 3	18 °
167	— 3,9	— 0,4	— 2	19 °
187	+ 4,7	+ 2,1	+ 3	17 °
211	— 2,6	— 2,4	— 2	17 °
233	— 2,7	— 1,0	— 2	16,5 °
280	+ 6,9	+ 6,3	+ 7	14 °
304	— 0,7	— 1,8	— 1	15 °
328	— 3,1	— 2,3	— 3	15,5 °
352	— 1,7	— 1,2	— 1	16,5 °
376	+ 1,4	+ 1,3	+ 1	15,5 °
400	0	+ 0,6	0	15 °
448	+ 2,1	+ 2,4	+ 2	14 °
472	+ 0,3	+ 0,2	0	14 °
496	— 0,7	— 0,7	— 1	14,5 °
521	— 3,1	— 3,2	— 3	16 °
544	+ 0,9	+ 1,2	+ 1	15,5 °

Figur s. Seite 26

Tabelle III. Gruppe c_2. 60 % Ag.

Rührzt. = 3 Min. Stablänge = 2,18. MV = 1:1.

C_2: Dauer der Messung: Beginn: 8. Okt. Ende: 1. Nov.

Stunden	1	2	Mittel (1-2)	Temp.
17	0	0	0	16 °
23	— 7,6	— 4,3	— 6	19 °
41	+ 1,5	+ 2,5	+ 2	16,5 °
88	+ 3,8	+ 3,5	+ 4	14 °
96	+ 1,0	+ 0,5	+ 1	15 °
112	— 4,5	— 2,3	— 3	15 °
120	— 2,1	— 1,8	— 2	16,5 °
136	+ 1,4	+ 1,6	+ 1	15,5 °
144	— 0,2	— 1,7	— 1	17 °
160	— 0,3	— 1,0	— 1	16,5 °
184	+ 1,2	+ 1,7	+ 1	15,5 °
208	0	+ 0,4	0	15 °
256	+ 2,0	+ 0,4	+ 1	14 °
280	+ 0,6	+ 0,5	+ 1	14 °
304	— 0,9	— 1,0	— 1	14,5 °
329	— 1,9	— 1,7	— 2	16 °

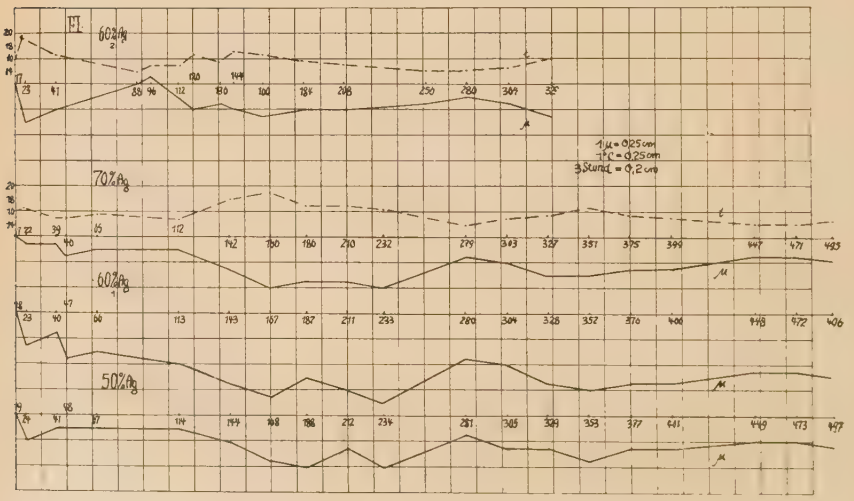


Tabelle III. Gruppe d. 70% Ag.

Rührzt. = 3 Min. Stablänge = 2,18. M V = 1 : 1.

Dauer der Messung: Beginn: 9. Okt.; Ende: 2. Nov.

Stunden	1	2	3	Mittel (1-3)	Temp.
19	0	0	0	0	16 °
22	— 1,3	— 0,7	— 1,8	— 1	16,5 °
39	— 2,4	— 0,1	+ 1,3	0	15 °
46	— 1,9	— 1,5	— 1,3	— 2	15 °
65	+ 0,3	+ 1,5	+ 0,3	+ 1	15,5 °
112	+ 0,6	— 0,7	+ 0,6	0	15 °
142	— 2,3	— 3,2	— 2,5	— 3	18 °
166	— 1,7	— 3,5	— 2,9	— 3	19 °
186	0	+ 1,2	+ 1,1	+ 1	17 °
210	+ 0,5	— 0,2	— 0,3	0	17 °
232	— 0,1	— 0,8	— 0,8	— 1	16,5 °
279	+ 4,6	+ 5,0	+ 5,0	+ 5	14 °
303	— 1,1	— 0,6	— 0,9	— 1	15 °
327	— 3,2	— 2,9	— 1,7	— 2	15,5 °
351	— 0,6	— 0,2	— 0,3	0	16,5 °
375	+ 1,1	+ 0,6	+ 0,3	+ 1	15,5 °
399	+ 0,1	0	+ 0,1	0	15 °
447	+ 2,0	+ 2,0	+ 1,1	+ 2	14 °
471	+ 0,4	+ 0,1	+ 0,3	0	14 °
495	— 0,8	— 0,8	— 0,8	— 1	14,5 °
520	— 2,7	— 2,6	— 1,8	— 2	16 °
543	+ 1,6	+ 1,2	+ 1,2	+ 1	15,5 °

Figur s. Seite 26

Da die meisten Handelsamalgame eine verschiedene Legierungszusammensetzung haben, so wurde auch das Verhalten der verschiedenen Feilungskompositionen untersucht. Allgemein wurde festgestellt, daß hoher Zinngehalt das Amalgam expandieren läßt, während hoher Silbergehalt eine Kontraktion des Amalgams herbeiführt. Meine Versuche zeigen, daß das Amalgam mit 40% Ag und 60% Zinn von der 22. Stunde (Null-Punkt) bis zur 115. Stunde bei einer Temperaturschwankung von 1,5 ° C sich um + 37 μ ausgedehnt hat. Zwischen der 189. und 213. Stunde scheinen die Proben zur Ruhe gekommen zu sein. Wir sehen, daß für ein gutes Amalgam hoher Zinngehalt ebenfalls schädlich ist, da sich die expandierende Wirkung desselben unangenehm bemerkbar machen kann.

Die Proben mit 50% Ag und 50% Sn zeigen vom Null-Punkt an (19. Stunde) eine Kontraktion, die bis zur 24. Stunde im Mittel auf

— 4 μ steigt, etwas abflacht und von der 188. Stunde bis zur 212. Stunde bei Temperaturgleichheit sich wieder um + 3 μ ausdehnt. (Siehe graphische Darstellung.) Von der 212. Stunde bis zur 234. Stunde erhalten wir wieder eine Kontraktion von — 3 μ. Ihr Volumen scheinen die Proben nach der 234. Stunde nicht mehr geändert zu haben. Das Amalgam mit 60% Ag und 40% Sn zeigt eine raschere Kontraktion vom Nullpunkt aus als das vorhergehende und kommt ungefähr zwischen der 66. Stunde und der 113. Stunde zur Ruhe.

Eine langsamere Kontraktion zeigt das Amalgam 70% Ag und 30% Sn. Bei ihm wird wohl vor dem Nullpunkt eine raschere Kontraktion stattgefunden haben, die hier von der 17. Stunde wohl das Ende darstellt. Die Proben haben zwischen der 65. Stunde und der 112. Stunde aufgehört, ihr Volumen zu ändern.

Von den 3 Kurven mit 50% Ag, 60% Ag und 70% Ag zeigt vom angenommenen Nullpunkt ab die Kurve mit 70% Ag das beste Bild, d. h. die geringste Kontraktion und den frühesten Stillstand des Volumens. Es muß aber betont werden, daß die primäre Kontraktion des 70% Ag stark und rasch verläuft.

IV. Versuchsreihe.

Untersuchung von 4 verschiedenen Handelsamalgamen mit je 3 Proben:

1. Inländische Amalgame:
   Gruppe a: Ein Silberfolienamalgam „U“
   Gruppe b: Ein Goldfolienamalgam „V“ M. V = 1 : 1
   Gruppe c: Ein Silberfolienamalgam „X“
2. Ausländische Amalgame:
   Gruppe d: Silber(-feilung)amalgam „Y“
   M V = 1 Feilung : 1,5 Hg.

(Siehe Tabellen und graphische Darstellungen.)

Tabelle IV. Gruppe a. „Silber-Folien“ „U“.

Rührzt. = 3 Min. Stablänge = 2,18. M V = 1 : 1.

Dauer der Messungen: Beginn: 14. Okt.; Ende: 2. Nov.

Stunden	1	2	3	Mittel (1-3)	Temp.
18	0	0	0	0	15 °
26	— 2,2	— 2,5	— 3,0	— 3	17 °
43	+ 2,7	+ 3,6	+ 2,0	+ 3	15,5 °
50	— 5,8	— 5,2	— 6,2	— 6	18,5
66	+ 3,0	+ 3,2	+ 3,9	+ 3	15 °
73	— 4,0	— 3,7	— 3,6	— 4	18 °
91	+ 2,1	+ 2,3	+ 1,9	+ 2	16,5 °
97	— 3,1	— 2,8	— 1,8	— 3	19 °
115	+ 1,3	+ 0,8	+ 1,1	+ 1	17 °
162	+ 5,3	+ 5,4	+ 5,8	+ 5	14 °
170	— 1,6	— 2,5	— 2,9	— 2	15 °
187	+ 0,8	+ 1,2	+ 0,6	+ 1	15 °
211	— 2,2	— 2,7	— 2,4	— 2	16 °
236	— 1,8	— 1,2	— 1,1	— 1	17 °
259	+ 1,0	+ 0,8	+ 1,1	+ 1	15,5 °
282	+ 1,3	+ 0,3	+ 1,2	+ 1	15 °
331	+ 1,0	+ 1,4	+ 1,9	+ 1	14 °
355	+ 0,1	+ 0,5	+ 1,1	+ 1	14 °
379	— 0,8	— 0,2	— 0,6	— 1	15 °
404	— 1,2	— 1,7	— 2,0	— 2	16 °
427	+ 1,2	+ 0,7	+ 0,8	+ 1	15,5 °

Figur s. Seite 30

Tabelle IV. Gruppe b. „V“.

Rührzt. = 3 Min. Stablänge = 2,18. M V = 1 : 1.

Dauer der Messungen: Beginn: 14. Okt.; Ende: 2. Nov.

Stunden	1	2	3	Mittel (1-3)	Temp.
18	0	0	0	0	15 °
25	— 4,7	— 3,8	— 5,3	— 5	17 °
42	+ 1,6	+ 1,2	+ 2,9	+ 2	15,5 °
49	— 4,2	— 6,0	— 5,0	— 5	18,5
65	+ 2,8	+ 3,3	+ 3,0	+ 3	15 °
72	— 3,9	— 4,0	— 3,2	— 4	18 °
90	+ 2,2	+ 2,1	+ 2,2	+ 2	16,5 °
96	— 2,8	— 2,8	— 2,3	— 3	19 °
114	+ 1,0	+ 1,2	+ 1,1	+ 1	17 °
161	+ 6,0	+ 5,5	+ 6,0	+ 6	14 °
169	— 2,2	— 2,6	— 3,0	— 3	15 °
186	+ 0,3	+ 0,7	+ 0,2	0	15 °
210	— 0,7	— 1,4	— 1,9	— 1	16 °
235	— 0,8	— 1,7	— 1,9	— 1	17 °
258	0	+ 1,2	+ 0,7	+ 1	15,5 °
281	+ 0,1	+ 0,6	+ 0,9	+ 1	15 °
330	+ 1,3	+ 1,0	+ 1,9	+ 1	14 °
354	+ 0,4	+ 0,7	+ 1,1	+ 1	14 °
378	— 0,1	— 0,5	— 1,2	— 1	15 °
403	— 2,1	— 2,4	— 1,9	— 2	16 °
426	+ 0,5	+ 0,6	+ 1,2	+ 1	15,5 °

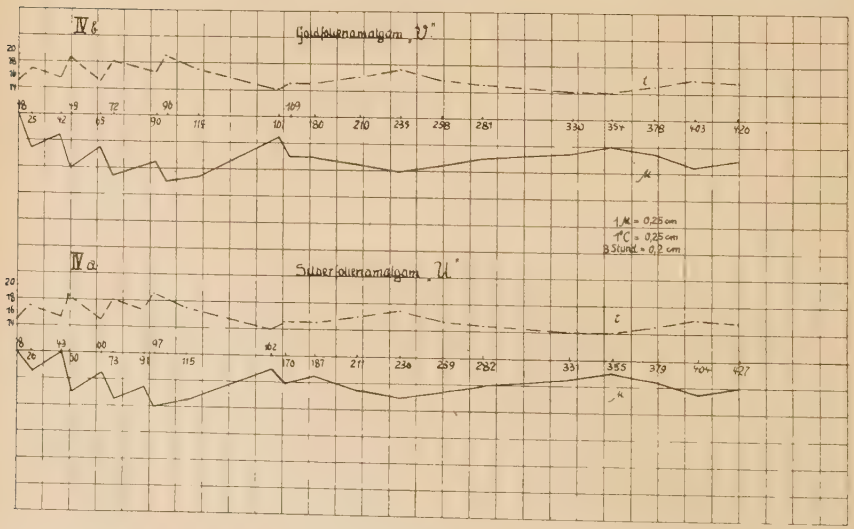


Tabelle IV. Gruppe c. „X".

Rührzt. = 3 Min. Stablänge = 2,18. M V = 1 : 1.

Dauer der Messungen: Beginn: 14. Okt.; Ende: 2. Nov.

Stunden	1	2	3	Mittel (1-3)	Temp.
17	0	0	0	0	15 °
24	— 6,0	— 7,0	— 4,0	— 6	17 °
41	+ 3,5	+ 4,2	+ 3,0	+ 4	15,5 °
48	— 4,2	— 6,4	— 4,8	— 5	18,5
64	+ 5,0	+ 4,4	+ 4,1	+ 4	15 °
71	— 6,4	— 5,0	— 4,3	— 5	18 °
89	+ 2,9	+ 3,0	+ 3,7	+ 3	16,5 °
95	— 1,8	— 1,8	— 1,8	— 2	19 °
113	— 0,2	— 0,3	— 0,1	0	17 °
160	+ 5,8	+ 5,9	+ 5,8	+ 6	14 °
168	— 1,3	— 1,5	— 2,0	— 2	15 °
185	0	— 0,4	— 0,5	0	15,5 °
209	— 3,4	— 1,3	— 2,1	— 2	16 °
234	— 0,7	— 1,8	— 1,2	— 1	17 °
257	+ 0,5	+ 1,1	+ 0,7	+ 1	15,5 °
280	+ 1,1	+ 0,5	+ 0,5	+ 1	15 °
329	+ 1,0	+ 0,7	+ 1,2	+ 1	14 °
353	+ 1,4	+ 0,5	+ 1,0	+ 1	14 °
377	— 0,7	— 0,6	— 0,4	— 1	15 °
402	— 2,2	— 2,2	— 2,1	— 2	16 °
425	+ 0,8	+ 0,9	+ 0,4	+ 1	15,5 °

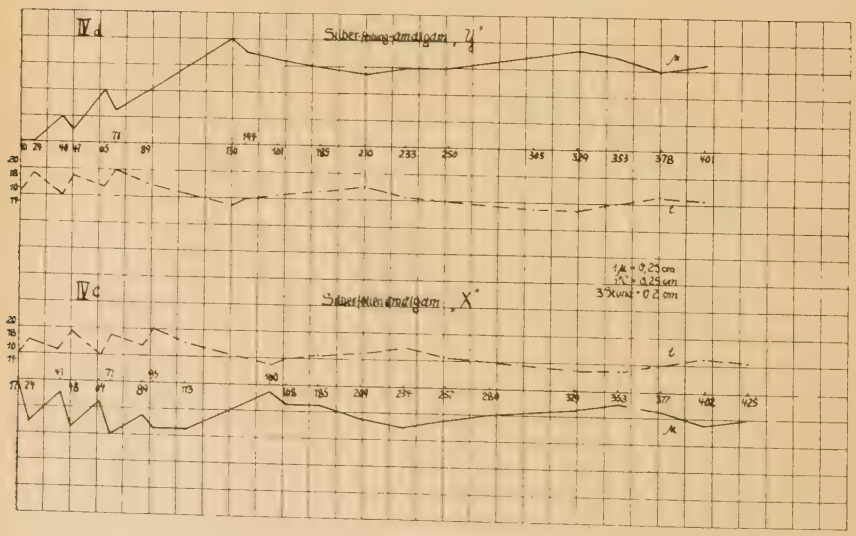
Figur s. Seite 32

Tabelle IV. Gruppe d. „Y“. (A m e r i c.)

Rührzt. = 3 Min. Stablänge = 2,18. M V = 1 : 1,5.

Dauer der Messungen: Anfang: 15. Okt.; Ende: 2. Nov.

Stunden	1	2	3	(Mittel 1-3)	Temp.
16	0	0	0	0	15,5 °
24	— 0,5	— 0,2	0	0	18,5 °
40	+ 4,8	+ 2,9	+ 4,8	+ 4	15 °
47	— 3,4	— 2,2	— 1,7	— 2	18 °
65	+ 7,7	+ 4,0	+ 6,3	+ 6	16,5 °
71	— 3,2	— 2,1	— 2,4	— 3	19 °
89	+ 3,9	+ 1,3	+ 2,4	+ 3	17 °
136	+ 10,8	+ 6,6	+ 7,8	+ 8	14 °
144	— 1,7	— 1,6	— 1,6	— 2	15 °
161	— 0,9	— 0,8	— 0,1	— 1	15,5 °
185	— 1,4	— 1,0	— 0,1	— 1	16 °
210	— 0,5	— 0,3	— 1,2	— 1	17 °
233	+ 1,4	+ 1,2	+ 0,9	+ 1	15,5 °
256	— 0,1	+ 0,1	+ 0,7	0	15 °
305	+ 2,3	+ 0,8	+ 2,4	+ 2	14 °
329	+ 0,4	+ 0,2	+ 1,0	+ 1	14 °
353	— 1,0	— 0,7	— 1,4	— 1	15 °
378	— 2,1	— 3,2	— 2,0	— 2	16 °
401	+ 1,0	+ 0,8	+ 0,7	+ 1	15,5 °



Praktisch gesprochen kann man sagen, daß die Amalgame der Gruppen a—c ihr Volumen von der 24. bis 43. Stunde ab nicht mehr verändert haben. Gruppe a und c haben sich ziemlich gleichmäßig kontrahiert; Gruppe c etwas stärker (— 4 μ). Die Amalgame dieser drei Gruppen sind sich in bezug auf Endkontraktion (von der 17. Stunde ab) und Volumenstillstand gleichwertig. Das Amalgam „V" — Gruppe b — steht ihnen kaum nach.

Das Amalgam „Y" — Gruppe d — scheint erst zwischen der 136. und 144. Stunde zur Ruhe gekommen zu sein und zwar hat es sich von der 16. Stunde (Nullpunkt, Anfangstemperatur 15,5 ° C) bis zur 144. Stunde (15 ° C) bei einer Temperaturschwankung von 4,5 ° C im Mittel + 14 μ ausgedehnt.

Daß die Form der Feilung nicht unwesentlich ist, zeigt das Amalgam „Y", dessen Feilung annähernd Pulverform erreichte, was wiederum eine größere Hg-Zugabe nötig hat. Dieses Amalgam mußte, um eine Paste abzugeben, 1 Feilung zu 1,5 Quecksilber vermengt werden.

Auch hier zeigt es sich, wie wesentlich die Angabe des Herstellers über den nötigen Hg-Zusatz auch bei der betreffenden Feilungsart ist.

F e n c h e l erwähnt, daß die Form der Feilung einen Einfluß auf die Amalgamation hat und sagt, eine solche verläuft um so schneller und gründlicher, je größer die Angriffsfläche und je geringer die Tiefe ist, die dem Quecksilber zu seiner Arbeit geboten wird.

Diesem Grundsatz nahe zu kommen, sucht man die Feilungen möglichst fein herzustellen, die in Spänen, Folienform und Pulverfeilung in den Handel kommen. Die feinere Feilung (Pulverform) erfordert der größeren Angriffsfläche wegen auch ein mehr an Hg. Inwieweit aber die Feilungform auf Hg-Gehalt und Volumenänderung einen Einfluß hat, müßte getrennt untersucht werden.

Die Amalgame mit Feilung in Form von Spänen (S.S.Amalgam) und Folien (Amalgam „U", „V", „X") zeigen praktisch gesprochen ein gleiches Endergebnis. Der verschiedene Verlauf der Volumenänderung deutet auf eine verschiedene Zusammensetzung der Legierung der einzelnen Amalgame hin.

Die untersuchten Handelsamalgame sind in bezug auf Volumenänderungs-Stillstand als ziemlich gleichwertig zu bezeichnen. Von der 24. Stunde ab können bei diesen Amalgamen keine bedeutenden (praktisch überhaupt nicht) Volumenänderungen mehr wahrgenommen werden.

Das ausländische Amalgam hat im Verhältnis eine große Expansion und kommt erst später zur Ruhe.

Ein minimales Überschreiten der optimalen Dosierung hat keinen wesentlichen Einfluß auf den Volumenänderungsstillstand. Trotzdem — aus II. Versuchsreihe ersichtlich — ist auf genaueste Dosierung immer wieder aufmerksam zu machen, so lange, bis man es in jeder Praxis nicht anders mehr weiß und so lange, bis die Amalgamauspreßapparate in die Museen verschwunden sind und den Dosierapparaten Platz gemacht haben. Und in praxi ist nur dann ein gutes Ergebnis zu erhalten, wenn die Dreiheit:

1. Verwendung eines guten Amalgams mit wissenschaftlicher Zusammensetzung der Legierung,
2. richtige Dosierung,
3. präzises Legen der Füllung und exaktes Finieren

erfüllt ist.

Leider ist auch hier wie bei den früheren Untersuchungen über die Temperaturänderung zu klagen (Witterungseinflüsse).

Es wurde eine große Anzahl von Messungen durchgeführt (über 6000), um möglichst eine scharfe Kontrolle auszuüben und andere Fehlerquellen zu kompensieren.

Trotzdem waren die zahlreich vorgenommenen Untersuchungen zu sehr von Fehlerquellen (Temperaturen vor allem) abhängig. Leider ließen sich dieselben jedoch nicht mehr ausschließen und doch hatten sie einigen Einfluß auf das Ergebnis.

Zusammenfassend zeigen uns die Untersuchungen:

Die Gold- und Silberamalgame kommen zwischen der 24. bis 40. Stunde mit ihrer Volumenänderung zur Ruhe. Eine Ausnahme bildet das ausländische Fabrikat, das sich erst zwischen der 136. bis 144. Stunde nicht mehr zu ändern scheint. Daraus (siehe IV. d) ist ersichtlich, daß die Form der Feilung in Beziehung auf den Volumenstillstand nicht ganz unwesentlich ist.

Hoher Zinngehalt läßt das Amalgam expandieren. Hoher Silbergehalt führt eine Kontraktion herbei.

Je mehr Quecksilber man verwendet, um so größer ist die Expansion. Zudem erhalten wir ein sehr weiches Amalgam, dessen Volumenstillstand sehr spät eintritt. (Siehe II. b: Volumenstillstand nach der 500. Stunde.)

Das Auspressen eines sehr überdosierten Amalgams ist als falsch und unstatthaft zu bezeichnen, da nicht Quecksilber, sondern ein Zinnamalgam abgepreßt wird. Der Silbergehalt wird durch derartige Manipulationen erhöht, und die Kontraktion tritt stärker in Erscheinung.

Der Volumenstillstand wird durch ein minimales Überschreiten der optimalen Dosierung nicht wesentlich beeinflußt. Unter keinen Umständen darf wahllos dosiert werden.

In Beziehung auf Dosierung müssen die Angaben des Herstellers strengstens beachtet werden. Um in der Praxis rasch eine richtige Dosierung auszuführen, empfiehlt sich die Verwendung eines handlichen Dosierapparates.

Die primäre Amalgamation — gründlichstes Vermischen von Feilung und Quecksilber — ist nie zu vergessen, wenn wir ein gutes Ergebnis erhalten wollen.

Zu großem Dank fühle ich mich Herrn Prof. Dr. W a n n e n m a c h e r für die Überlassung des Themas und die liebenswürdige Unterstützung bei der Arbeit verpflichtet.

Literatur-Verzeichnis.

1) Black: Konservierende Zahnheilkunde. Verlag Meußer 1914.
2) Fenchel: Amalgame, Untersuchungs-, Verarbeitungs- und Herstellungsmethoden. Verlag Meußer 1920.
3) Friedemann, Physikalische Untersuchung von 58 Amalgamen. Deutsche Monatsschr. f. Zahnheilkunde 1900. Heft 1.
4) Hauch: Untersuchungen über physikalisch-chemische Eigenschaften einiger bekannter zahnärztlicher Amalgame. Deutsche Monatsschr. für Zahnheilkunde 1925. Heft 15.
5) Loebich und Nowack: Über Amalgamprüfmethoden. Deutsche zahnärztliche Wochenschr. 1928. Heft 18 und 1929 Heft 10.
6) Pflomm: Die primären Volumenänderungen von Silberamalgam. Inaugural-Dissertation, Tübingen 1929.
7) Sterner-Rainer: Die Amalgame im Dienste der Zahnheilkunde. Zeitschr. f. Stomatologie 1928. Heft 5.
8) Takacs: Die Veränderung des Volumens der Amalgame. Zahnärztl. Rundschau 1929. Heft 5.
9) Tammann und Dahl: Über Ag-Sn-Amalgame. Zeitschr. f. anorg. und allgemeine Chemie, 1925. Bd. 144, Heft 1 und 2.
10) Wannenmacher: Untersuchungen über verschiedene Eigenschaften der Silber-Zinnamalgame. Deutsche zahnärztl. Wochenschr. 1929. Nr. 9.
11) Witzel: Das Füllen der Zähne mit Amalgam. Berliner Verlagsanstalt 1899.

Lebenslauf.

Am 31. Januar 1908 bin ich, Karl Burgel, als Sohn des Bezirks-Notars Burgel in Neuenstein OA. Öhringen (Hohenlohe) geboren. Ich besuchte das Realgymnasium zu Schwäbisch-Hall, das ich im Frühjahr 1926 mit dem Reifezeugnis verließ.

Seit Sommersemester 1926 widmete ich mich dem Studium der Zahnheilkunde an der Universität zu Tübingen. Nach bestandener Vorprüfung 1928 setzte ich die klinischen Semester meines Studiums in Kiel, München und Tübingen fort, woselbst ich das Staatsexamen zu machen gedenke.